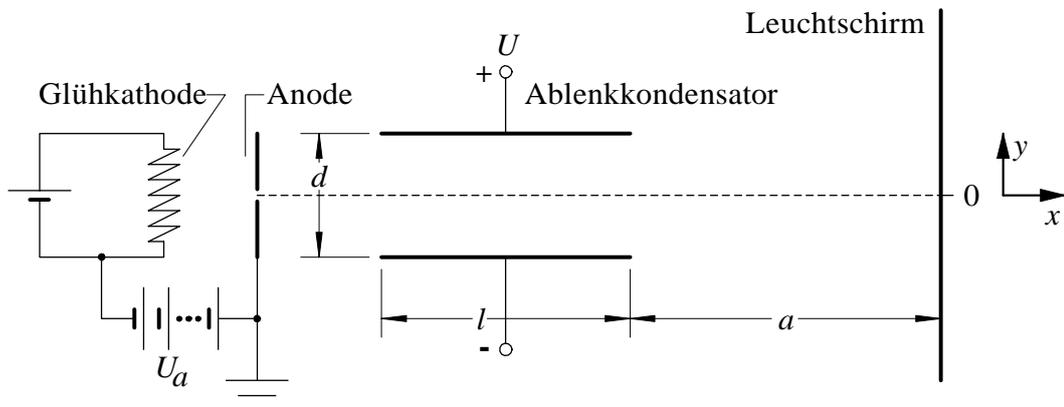


1. Ein kugelförmiges Öltröpfchen mit Radius $r = 1,1 \cdot 10^{-6}$ m schwebt in einem horizontal gelagerten Plattenkondensator mit Plattenabstand $d = 0,50$ cm. Die Kondensatorspannung beträgt $U = 500$ V, der Feldstärkevektor zeigt senkrecht nach oben. Die Dichte des Öls beträgt $\rho = 0,881 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Der Auftrieb in der Luft ist zu vernachlässigen.

- 4 BE a) Skizzieren Sie die Versuchsanordnung und tragen Sie die auftretenden Kräfte sowie die zugehörige Polung der Kondensatorspannung ein. Welches Vorzeichen besitzt die Ladung des Öltröpfchens?
- 8 BE b) Leiten Sie die Formel für die Bestimmung der Ladung des Tröpfchens in Abhängigkeit von den anfangs gegebenen Größen **allgemein** her. Wie viele Elementarladungen trägt das Öltröpfchen?
- 4 BE c) Welche Schwierigkeiten treten bei der beschriebenen Bestimmung der Tröpfchenladung auf?
- 3 BE d) Zwei im Abstand von 0,10 mm schwebende Öltröpfchen tragen beide die Ladung $q = 4,8 \cdot 10^{-19}$ C. Mit welcher Kraft stoßen sich die beiden Öltröpfchen ab?

2. Im Folgenden soll die Ablenkung eines Elektronenstrahls im elektrischen Querfeld untersucht werden. Dazu wird die nachstehend skizzierte Anordnung verwendet.



Die aus der Kathode mit zu vernachlässigender Geschwindigkeit austretenden Elektronen durchlaufen die Beschleunigungsspannung $U_a = 2,0$ kV und treten längs der gezeichneten x -Achse in den Ablenkkondensator ein, dessen quadratische Platten die Seitenlänge $l = 4,0$ cm und den Abstand $d = 2,0$ cm haben. Das elektrische Feld soll sich auf den Innenbereich des Kondensators beschränken, es darf als homogen angenommen werden. Der Leuchtschirm befindet sich $a = 10$ cm hinter dem Ablenkkondensator.

- 3 BE a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_x , mit der die Elektronen in den Ablenkkondensator eintreten. (Ergebnis: $2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)
- 6 BE b) An die Platten des Ablenkkondensators wird die Spannung $U = 0,80$ kV angelegt. Berechnen Sie die Ladung auf einer Kondensatorplatte sowie die elektrische Feldstärke innerhalb des Kondensators.

weiter \rightarrow

- 9_{BE} c) Berechnen Sie die Verweildauer der Elektronen im elektrischen Feld des Ablenk-
kondensators und den Abstand der Elektronen von der x -Achse beim Verlassen
des Ablenkkondensators.
- 6_{BE} d) Berechnen Sie die Geschwindigkeitskomponente v_y der Elektronen nach ihrem
Flug durch das elektrische Feld des Ablenkkondensators. (Ergebnis: $1,1 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)
- 7_{BE} e) Ermitteln Sie aus einer maßstäblich angefertigten Zeichnung, wie weit der Auf-
treffpunkt der Elektronen auf dem Leuchtschirm von 0 entfernt ist.

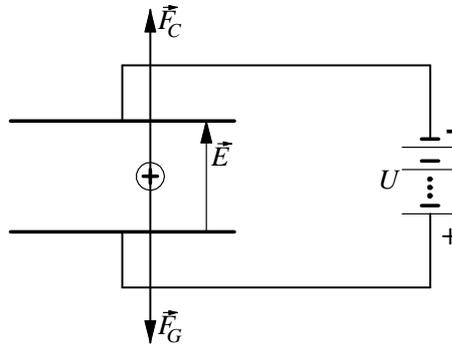
50_{BE}

Viel Erfolg!

1. geg.: $r = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, $d = 0,50 \text{ cm}$, $a = 10 \text{ cm}$, $U = 500 \text{ V}$,
 $\rho = 0,881 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 881 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

4 BE

a)



Das Öltröpfchen ist **positiv** geladen.

8 BE

b) Kräftegleichgewicht:

$$\begin{aligned} F_G &= F_C \\ mg &= Eq \\ q &= \frac{mg}{E} = \frac{mg}{\frac{U}{d}} = \frac{mgd}{U} . \end{aligned}$$

Aus der Dicht des Öls:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} \\ m &= \rho V = \rho \frac{4}{3} r^3 \pi . \end{aligned}$$

Eingesetzt:

$$q = \frac{\rho \frac{4}{3} r^3 \pi \cdot gd}{U} = \frac{4\pi \rho r^3 gd}{3U}$$

Einsetzen der gegebenen Größen:

$$\begin{aligned} q &= \frac{4\pi \cdot 881 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m})^3 \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,0050 \text{ m}}{3 \cdot 500 \text{ V}} = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ A s} \\ &= 3 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ A s} \end{aligned}$$

Das Tröpfchen trägt 3 Elementarladungen.

4 BE

c) Die Schwierigkeiten bei dieser Versuchsdurchführung sind:

- α) Durch die Brownsche Bewegung wird die Einstellung der Spannung für den Schwebefall sehr ungenau.
- β) Der Durchmesser der Öltröpfchen ist submikroskopisch klein. Es werden die zu großen Radien der Beugungsscheibchen gemessen.

3 BE

d) geg.: $d = 0,10 \text{ mm} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}$, $q = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ A s}$.

Coulomb-Gesetz:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{d^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}}} \frac{(4,8 \cdot 10^{-19} \text{ A s})^2}{(1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m})^2} = 2,1 \cdot 10^{-19} \text{ N}$$

2. geg.: $U_a = 2,0 \text{ kV}$, $l = 4,0 \text{ cm}$, $d = 2,0 \text{ cm}$, $a = 10 \text{ cm}$.

3 BE a) Energieerhaltung:

$$\frac{1}{2}mv_x^2 = U_a e$$
$$v_x = \sqrt{2 \frac{e}{m} U_a} = \sqrt{2 \cdot \frac{1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \cdot 2000 \text{ V}} = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

6 BE b) geg.: $U = 0,80 \text{ kV}$.

Kapazität des Kondensators:

$$C = \varepsilon_o \frac{A}{d} = \varepsilon_o \frac{l^2}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{V m}} \cdot \frac{(0,040 \text{ m})^2}{0,020 \text{ m}} = 7,08 \cdot 10^{-13} \text{ F}$$

Ladung aus der Kapazität

$$C = \frac{Q}{U}$$
$$Q = CU = 7,08 \cdot 10^{-13} \text{ F} \cdot 800 \text{ V} = 5,7 \cdot 10^{-10} \text{ A s}$$

Feldstärke:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{800 \text{ V}}{0,020 \text{ m}} = 4,0 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

9 BE c) Verweildauer t aus v_x :

$$v_x = \frac{l}{t}$$
$$t = \frac{l}{v} = \frac{0,040 \text{ m}}{2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

Beschleunigung in y -Richtung mittels 2. Newtonschem Gesetz:

$$a_y = \frac{F}{m} = \frac{Ee}{m} = \frac{4,0 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ A s}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 7,0 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Bewegungsgleichung:

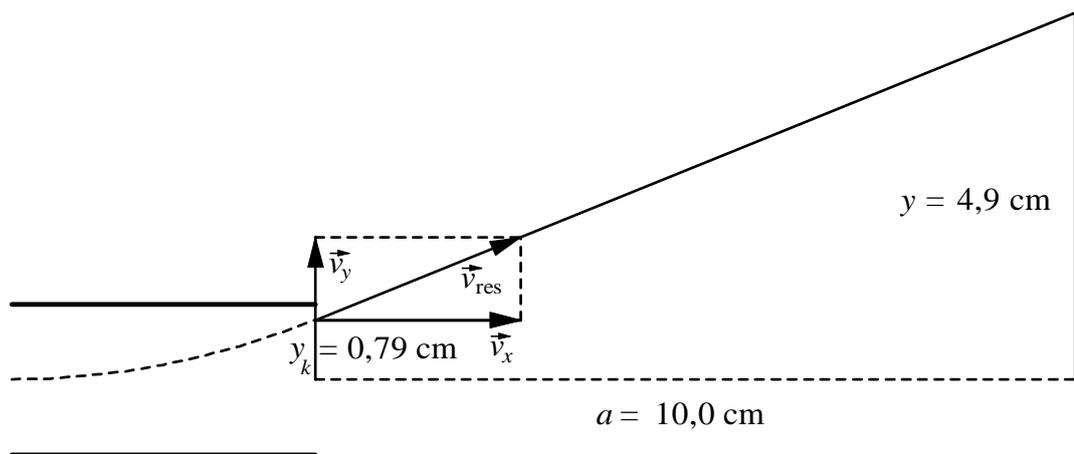
$$y_k = \frac{1}{2}a_y t^2 = \frac{1}{2} \cdot 7,0 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1,5 \cdot 10^{-9} \text{ s})^2$$
$$= 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,79 \text{ cm}$$

6 BE d) Bewegungsgleichung:

$$v_y = a_y t = 7,0 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 1,1 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

7_{BE}

e)



Die y -Ablenkung beträgt insgesamt 4,9 cm.

50_{BE}